

DYNAMIKA POBIERANIA I WYKORZYSTANIE AZOTU W MIESZANKACH JĘCZMIENIA JAREGO Z GROCHEM SIEWNYM

MAGDALENA PODGÓRSKA-LESIAK, PIOTR SOBKOWICZ, AGNIESZKA LEJMAN

*Katedra Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

piotr.sobkowicz@up.wroc.pl

Synopsis. W latach 2005–2007 na glebie kompleksu żytniego dobrego przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenie polowe metodą split-plot, w którym uprawiano jęczmień jary i dwie pastewne odmiany grochu Wiato i Fidelia w zasiewach czystych i mieszanych. Czynnikiem pierwszego rzędu był poziom nawożenia azotem wynoszący 0, 30 i 60 kg N·ha⁻¹. Uprawa jęczmienia w mieszance z grochem zwiększała zawartość azotu w biomacie i ziarnie rośliny zbożowej. W 6. i 9. tygodniu po wschodach mieszanki pobierały istotnie więcej azotu niż zasiewy jednogatunkowe. W fazie dojrzałości pełnej mieszanka jęczmienia z Fidelią odznaczała się istotnie większym pobraniem N niż pozostałe zasiewy. Największe pobranie azotu z łącznym plonem ziarna i nasion stwierdzono w przypadku mieszanki jęczmienia z odmianą Wiato. Odmiana ta lepiej wykorzystywała zastosowany azot w mieszance z jęczmieniem, niż gdy była uprawiana samodzielnie, a w przypadku mieszanek lepiej niż odmiana Fidelia. Zboże charakteryzowało się najwyższymi wartościami NHI i NUE gdy było uprawiane w siewie czystym. Efektywność rolnicza nawożenia (AE) nie była różnicowana przez dawkę N i była największa u rośliny zbożowej w siewie czystym.

Słowa kluczowe – *key words*: jęczmień jary – *spring barley*, groch siewny – *field pea*, mieszanka zbożowo-strączkowa – *cereal-legume mixture*, nawożenie azotem – *nitrogen fertilization*

WSTĘP

Mieszanki zbożowo-strączkowe są coraz bardziej docenianym rodzajem uprawy roślin, dzięki zdolności łagodzenia niekorzystnych skutków nadmiernego udziału zbóż w płodozmianie [Buraczyńska 2009, Kurowski i in. 2005, Rudnicki i Wasilewski 2000], stanowiąc ponadto dobry przedplon dla roślin następczych [Buraczyńska i Ceglarek 2008].

Uprawa mieszanki zbożowo-strączkowej powoduje zwiększenie zawartości białka w ziarnie komponenta zbożowego [Sobkowicz i Podgórska-Lesiak 2009], wzrost plonu białka ogólnego w biomacie [Borowiecki i in. 1998, Ceglarek i in. 2004] oraz wzrost zawartości białka ogólnego w plonie nasion mieszanki [Buraczyńska i Ceglarek 2009, Noworolnik 2000].

Nawożenie azotem jest czynnikiem agrotechnicznym istotnie wpływającym na plonowanie i jakość zbóż [Matysiak i in. 2009, Noworolnik 2010, Sułek i Podolska 2008, Sułek i in. 2007] oraz jakość plonu roślin strączkowych [Prusiński 2006]. Mieszanki zbożowo-strączkowe zasilane są mniejszymi dawkami azotu w porównaniu do zasiewów czystych zbóż. Badania Borowieckiego i Księżaka [2000] wykazały, że przyswajalność azotu atmosferycznego przez roślinę strączkową maleje, gdy ma ona możliwość korzystania z azotu glebowego lub nawozowego. Ponadto mniejsze dawki nawożenia azotem mieszanek zbóż ze strączkowymi wiotkołodygowymi mają swoje uzasadnienie ze względu na dużą podatność na wyleganie tego typu zasie-

wów. Przy braku nawożenia azotem mniejsze jest także konkurencyjne oddziaływanie zbóż w stosunku do roślin strączkowych [Sobkowicz i Parylak 2002, Sobkowicz i Podgórska-Lesiak 2009]. Zwiększenie nawożenia azotem mieszanki zbożowo-strączkowej powoduje, że składnik ten jest lepiej wykorzystywany przez ten pierwszy komponent [Borowiecki i Książak 2000]. W wyniku zwiększenia nawożenia azotem roślina zbożowa staje się dominującym elementem ładu mieszanki. Taka dominacja wpływa ujemnie na cechy morfologiczne i plonotwórcze rośliny strączkowej i powoduje, że pobranie przez nią tego makroskładnika jest relatywnie mniejsze niż w siewie czystym [Sobkowicz i Śniady 2004].

Celem pracy było zbadanie dynamiki pobierania azotu w okresie wegetacji przez mieszanki jęczmienia jarego z dwoma odmianami grochu przy zróżnicowanym nawożeniu azotem oraz wykorzystanie tego składnika przez komponenty mieszanek na tle zasiewów czystych.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2005–2007 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Swojcu (51°07' N, 17°08' E) należącym do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenie polowe metodą split-plot w czterech powtórzeniach, w którym uprawiano jęczmień i dwie pastewne odmiany grochu w zasiewach czystych i mieszanych. Wiato była nasienne odmianą grochu o średniej długości łodygi, Fidelia odmianą nasienne-zielonkową, długo-łodygową. Obie odmiany charakteryzowały się tradycyjnym typem ulistnienia. Jęczmień jary reprezentowany był przez pastewną odmianę Refren. Czynnikiem pierwszego rzędu był poziom nawożenia azotem wynoszący 0, 30 i 60 kg N·ha⁻¹. W siewach czystych stosowano ilości wysiewu wynoszące: jęczmień, 330 ziarn·m⁻², groch, 90 nasion·m⁻². W mieszankach udział jęczmienia wynosił 30%, a grochu 70% w stosunku do zasiewów jednogatunkowych. Glebę, na której przeprowadzono doświadczenie stanowiła mada rzeczna właściwa, lekka, wytworzona z piasku gliniastego lekkiego zalegająca na piasku słabo gliniastym należąca do klasy IVb kompleksu żyniego dobrego. Przedplonem był owies. Wiosną po zabronowaniu pola pod doświadczenie wysiewano superfosfat 40% w dawce 22 kg P·ha⁻¹ i sól potasową 60% w dawce 66 kg K·ha⁻¹. Gatunki wysiewano siewnikiem rzędowym w rozstawie 12,5 cm. W przypadku mieszanek stosowano siew rozdzielny, w pierwszej kolejności wysiewając groch a następnie jęczmień. Azot stosowano w pojedynczej dawce, w formie mocznika 46% bezpośrednio po siewie.

W okresie intensywnego wzrostu roślin tj. w 6. i 9. tygodniu po ich wschodach a także w okresie dojrzałości pełnej pobierano plony próbne z powierzchni 0,5 m² z każdego poletka. Mieszanki rozdzielano na gatunki. Po oznaczeniu suchej masy w pobranych roślinach, w próbach średnich obiektowych oznaczano azot metodą Kjeldahla. W przypadku ziarna jęczmienia i nasion grochu zawartość azotu podano w przeliczeniu na białko ogólne stosując przelicznik N × 6,25. Mnożąc plon suchej masy przez zawartość azotu określono pobranie tego składnika z plonem. Następnie obliczano wskaźniki oceniające efektywność nawożenia i wykorzystania N [Delogu i in. 1998, Fotyma 1999]: a) indeks żniwny azotu NHI (*nitrogen harvest index*) = $Y_N / Y_{N_{25}}$; b) efektywność wykorzystania azotu NUE (*nitrogen utilization efficiency*) = $Y_Z / Y_{N_{25}}$ (kg·kg⁻¹); c) efektywność rolnicza nawożenia AE (*agronomic efficiency*) = $(Y_{Z_x} - Y_{Z_0}) / x$ (kg·kg⁻¹), gdzie: Y_Z – plon ziarna, Y_{N_z} – ilość pobranego azotu z plonem ziarna, $Y_{N_{25}}$ – ilość pobranego azotu z plonem ziarna i słomy, Y_{Z_x} – plon ziarna przy danej dawce azotu, Y_{Z_0} – plon ziarna przy zerowej dawce azotu, x – dawka azotu, 0 – zerowa dawka nawożenia azotem. Dwa pierwsze wskaźniki obliczano dla każdego gatunku osobno w celu oceny reakcji gatunków na uprawę w mieszance, ostatni zaś określano dla zasiewów czystych i mieszanek. Z wyjątkiem rezultatów dotyczących zawartości azotu (białka) w materiale roślinnym, pozostałe wyniki

poddano analizie wariancji posługując się programem *awa* [Bartkowiak 1978]. Program ten porównuje średnie testem NIR (LSD) przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Wyniki w tabelach prezentowane są jako średnie z trzech lat trwania doświadczenia.

Lata, w których prowadzono doświadczenie były zróżnicowane pod względem sumy opadów. Rok 2005 i 2007 sprzyjały plonowaniu roślin, ze względu na dostateczną ilość wody w glebie. Natomiast rok 2006 charakteryzował się najniższą sumą opadów w trzyleciu, co przyczyniło się do niższej wydajności uprawianych roślin.

WYNIKI BADAŃ

Niezależnie od sposobu uprawy zastosowane w doświadczeniu dawki nawożenia azotem miały niewielki wpływ na zawartość tego składnika w roślinach jęczmienia w całym okresie wegetacji (tab. 1). W 6. tygodniu po wschodach obserwowano nawet zmniejszenie koncentracji

Tabela 1. Zawartość azotu w roślinach jęczmienia ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)
Table 1. Nitrogen content in barley plants ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM)

Obiekt <i>Treatment</i>	Liczba tygodni po wschodach roślin <i>Number of weeks after plant emergence</i>								Dojrzałość pełna <i>Full maturity</i>			
	6				9							
	nawożenie azotem – <i>nitrogen fertilization</i> ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$)											
	0	30	60	Średnio <i>Mean</i>	0	30	60	Średnio <i>Mean</i>	0	30	60	Średnio <i>Mean</i>
Jęczmień – <i>Barley</i>	20	17	24	20	16	15	20	17	11	10	09	10
Jęczmień + Wiato <i>Barley + Wiato</i>	32	29	22	28	22	21	21	21	11	14	14	13
Jęczmień + Fidelia <i>Barley + Fidelia</i>	31	25	24	27	22	22	23	22	13	13	14	13
Średnio – <i>Mean</i>	28	24	23	–	20	19	21	–	12	12	12	–

azotu w biomacie tego zboża po zastosowaniu nawożenia N, szczególnie gdy było ono uprawiane z grochem odmiany Wiato. Uprawa jęczmienia z grochem zwiększała natomiast zawartość azotu w roślinie zbożowej w porównaniu z uprawą w siewie czystym. Odmiana grochu jako komponent mieszanki nie różnicowała wyraźnie koncentracji azotu w jęczmieniu.

Uprawa obu odmian grochu w mieszankach z jęczmieniem nieznacznie ujemnie wpływała na zawartość azotu w roślinie strączkowej w 6. i 9. tygodniu po wschodach (tab. 2). W fazie dojrzałości pełnej zaobserwowano natomiast zwiększenie udziału azotu w suchej masie odmiany Fidelia pod wpływem uprawy mieszanej. Nawożenie w niejednakowy sposób wpływało na zawartość azotu w biomacie grochu. W całym badanym okresie wzrostu roślin obserwowano najmniejszą koncentrację tego składnika w biomacie, gdy nie stosowano nawożenia N. W końcowej fazie wzrostu największą zawartością azotu w roślinach charakteryzowały się obie odmiany grochu uprawiane w mieszankach przy nawożeniu wynoszącym $30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tabela 2. Zawartość azotu w roślinach grochu ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)Table 2. Nitrogen content in pea ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM)

Obiekt Treatment	Liczba tygodni po wschodach roślin Number of weeks after plant emergence								Dojrzałość pełna Full maturity			
	6				9							
	nawożenie azotem – nitrogen fertilization ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$)											
	0	30	60	Średnio Mean	0	30	60	Średnio Mean	0	30	60	Średnio Mean
Wiato – <i>Wiato</i>	45	45	42	44	37	42	45	41	37	37	38	37
Fidelia – <i>Fidelia</i>	45	39	45	43	42	31	47	40	35	35	41	37
Jęczmień + Wiato <i>Barley + Wiato</i>	35	47	45	42	28	39	44	37	34	44	30	36
Jęczmień + Fidelia <i>Barley + Fidelia</i>	37	44	39	40	36	40	41	39	36	44	37	39
Średnio – Mean	41	44	43	–	36	38	44	–	36	40	37	–

Na zawartość białka w ziarnie jęczmienia wyraźnie dodatnio wpłynęła uprawa tego zboża z grochem odmiany Fidelia (tab. 3). Wpływ odmiany Wiato był niewielki, ale także dodatni. Rosnąca dawka N zwiększała zawartość białka w ziarnie jęczmienia niezależnie od sposobu uprawy tego zboża, choć zależność ta dotyczyła przede wszystkim zboża uprawianego z odmianą Wiato. Uprawa mieszana miała niewielki negatywny wpływ na zawartość białka w nasionach obu odmian grochu. Niezależnie od odmiany i rodzaju uprawy rośliny strączkowej, zastosowanie największej dawki N spowodowało wyraźny spadek koncentracji białka w nasionach. W większym stopniu obserwowano taką zależność, gdy groch był komponentem mieszanek.

Tabela 3. Zawartość białka ogólnego w ziarnie i nasionach ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.)Table 3. Crude protein content in grain ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ DM)

Obiekt Treatment	Jęczmień – <i>Barley</i>				Groch – <i>Pea</i>			
	nawożenie azotem – nitrogen fertilization ($\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$)							
	0	30	60	Średnio Mean	0	30	60	Średnio Mean
Jęczmień – <i>Barley</i>	114	110	115	113	–	–	–	–
Wiato – <i>Wiato</i>	–	–	–	–	299	293	298	297
Fidelia – <i>Fidelia</i>	–	–	–	–	310	318	306	311
Jęczmień + Wiato <i>Barley + Wiato</i>	115	118	121	118	288	310	252	283
Jęczmień + Fidelia <i>Barley + Fidelia</i>	128	134	132	131	322	294	285	300
Średnio – Mean	119	121	123	–	305	304	285	–

Zastosowane nawożenie azotem istotnie różnicowało pobieranie azotu z plonem biomasy (tab. 4). Niezależnie od sposobu uprawy roślin, w 6. i 9. tygodniu po wschodach dawka 60 kg N·ha⁻¹ spowodowała istotny wzrost pobierania N z plonem biomasy w stosunku do dwóch pozostałych dawek. Inaczej było w fazie dojrzałości pełnej, w której największe pobranie N z plonem roślin odnotowano dla nawożenia w dawce 30 kg N·ha⁻¹. Nie różniło się ono jednak istotnie od pobrania N z biomasa na obiekcie nawożonym dawką 60 kg N·ha⁻¹. W 6. i 9. tygodniu po wschodach pobranie N z plonem biomasy mieszanek było istotnie większe niż z plonem zasiewów czystych. Z kolei pobranie azotu z plonem biomasy grochu z siewu czystego istotnie przewyższało pobranie N z plonem biomasy jęczmienia w całym badanym okresie wegetacji. W fazie dojrzałości pełnej pobranie N przez mieszanekę jęczmienia z odmianą Fidelia było istotnie większe niż na pozostałych obiektach. Interakcja czynników doświadczenia pokazuje, że pobranie N z biomasa różniło się dla poszczególnych zasiewów w zależności od dawki tego składnika. Największe pobranie N z biomasa zasiewu czystego jęczmienia obserwowano zawsze przy najwyższej dawce nawożenia azotem. W przypadku mieszanek dawka 30 kg N·ha⁻¹ okazywała się na ogół wystarczająca dla maksymalnego pobrania tego makroelementu. W fazie dojrzałości pełnej podobna zasada odnosiła się do odmian grochu uprawianych w zasiewach czystych a w 9. tygodniu po wschodach także do odmiany Wiato. W przypadku odmiany Fidelia dawka 30 kg N·ha⁻¹ ujemnie wpływała na pobranie azotu z plonem biomasy w dwóch pierwszych terminach oznaczeń.

Tabela 4. Pobranie azotu z plonem suchej masy roślin (g·m⁻²)Table 4. Nitrogen uptake with plant dry matter (g·m⁻²)

Obiekt <i>Treatment</i>	Liczba tygodni po wschodach roślin <i>Number of weeks after plant emergence</i>								Dojrzałość pełna <i>Full maturity</i>			
	6				9							
	nawożenie azotem – <i>nitrogen fertilization</i> (kg N·ha ⁻¹)											
	0	30	60	Średnio <i>Mean</i>	0	30	60	Średnio <i>Mean</i>	0	30	60	Średnio <i>Mean</i>
Jęczmień – <i>Barley</i>	4,7	4,4	7,1	5,4	4,5	4,3	6,0	4,9	7,4	8,3	11,1	8,9
Wiato – <i>Wiato</i>	7,1	6,6	7,3	7,0	7,7	9,7	9,6	9,0	15,7	19,9	19,9	18,5
Fidelia – <i>Fidelia</i>	7,2	6,2	7,4	6,9	10,2	7,2	10,0	9,1	13,1	16,0	16,5	15,2
Jęczmień + Wiato <i>Barley + Wiato</i>	9,7	9,7	8,6	9,3	9,8	12,0	11,8	11,2	17,7	20,9	17,1	18,6
Jęczmień + Fidelia <i>Barley + Fidelia</i>	8,4	9,5	8,9	8,9	11,9	11,9	10,6	11,5	18,0	20,9	19,1	19,3
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,8		0,5	0,8			0,4	1,2			0,7	
Średnio – <i>Mean</i>	7,4	7,3	7,9	–	8,8	9,0	9,6	–	14,4	17,2	16,7	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,3		–	0,3			–	0,6			–	

Pobranie azotu z plonem ziarna i nasion przez zasiewy mieszane było istotnie większe niż pobranie tego składnika z nasionami i ziarnem pozostałych zasiewów, a mieszanka jęczmienia z odmianą Wiato odznaczała się największym pobraniem azotu w doświadczeniu (tab. 5). Pobranie tego składnika z plonem ziarna jęczmienia uprawianego w siewie czystym było prawie

Tabela 5. Pobranie azotu z plonem ziarna i nasion ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)Table 5. Nitrogen uptake with grain yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Obiekt <i>Treatment</i>	Nawożenie azotem $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ <i>Nitrogen fertilization $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$</i>			Średnio <i>Mean</i>
	0	30	60	
Jęczmień – <i>Barley</i>	44	55	75	58
Wiato – <i>Wiato</i>	78	86	93	86
Fidelia – <i>Fidelia</i>	67	71	78	72
Jęczmień + Wiato <i>Barley+Wiato</i>	96	108	103	102
Jęczmień + Fidelia <i>Barley+Fidelia</i>	91	102	101	98
$\text{NIR}_{0,05} - \text{LSD}_{0,05}$	7			4
Średnio – <i>Mean</i>	75	84	90	–
$\text{NIR}_{0,05} - \text{LSD}_{0,05}$	4			–

dwukrotnie mniejsze. Niezależnie od rodzaju zasiewu, kolejne dawki N powodowały istotny wzrost pobierania azotu z plonem ziarna i nasion. Istotna interakcja czynników badanych pokazuje jednak, że taką zależność obserwowano tylko w odniesieniu do jęczmienia i grochu odmiany Wiato uprawianych w zasiewach jednogatunkowych. Mieszanki charakteryzowały się maksymalnym pobraniem N po zastosowaniu nawożenia azotem w dawce 30 i 60 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Istotny wzrost pobrania N z plonem nasion grochu odmiany Fidelia obserwowano natomiast dopiero po zastosowaniu dawki 60 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Wykorzystanie azotu przez gatunki było istotnie różnicowane przez zastosowane nawożenie azotem i sposób ich uprawy (tab. 6). Bez względu na rodzaj uprawy, wraz ze wzrostem nawożenia wartości NHI i NUE obliczone dla jęczmienia istotnie zwiększały się. Gdy był on uprawiany w siewie czystym charakteryzował się najwyższą wartością NHI, natomiast uprawa zboża w mieszance z grochem okazała się niekorzystna. Podobnie było w przypadku efektywności wykorzystania pobranego azotu na produkcję ziarna. Zboże uprawiane z odmianą Wiato dawało istotnie więcej ziarna na każdy kilogram pobranego azotu niż uprawiane z odmianą Fidelia. Jak pokazuje interakcja czynników badanych identyczną i równocześnie najwyższą wartością NHI charakteryzował się jęczmień z siewu czystego na obiekcie nawożonym dawką 30 i 60 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wraz ze zwiększaniem dawki azotu następowało istotnie lepsze jego wykorzystanie przez jęczmień uprawiany w mieszankach z grochem. Efektywność wykorzystania pobranego azotu na produkcję plonu ziarna okazała się najwyższa dla siewu czystego jęczmienia na obiekcie z dawką N wynoszącą 30 i 60 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Podobnie jak w przypadku NHI kolejne dawki nawożenia azotem istotnie zwiększały wartości NUE jęczmienia uprawianego w mieszankach.

Wpływ nawożenia azotem okazał się statycznie nieistotny w różnicowaniu indeksu żniwnego azotu (NHI) grochu. Znaczący okazał się wpływ nawożenia azotem na efektywność wykorzystania pobranego azotu na produkcję plonu nasion. Zastosowanie nawożenia w dawce 60 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ istotnie zwiększyło wartość wskaźnika NUE w porównaniu do wartości NUE z obiektu, na którym zastosowano 30 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nie różniła się ona jednak istotnie od wartości NUE z obiektu bez dawki N. Odwrotnie niż jęczmień, groch odmiany Wiato uprawiany w siewie czystym charakteryzował się istotnie niższym wskaźnikiem NHI niż w mieszance ze zbożem. Indeks żniwny azotu w przypadku tej odmiany uprawianej w siewie mieszanym był natomiast istotnie większy od NHI odmiany Fidelia pochodzącej z mieszanki. Istotnie niższą efektywnością

Tabela 6. Wskaźniki wykorzystania azotu przez gatunki
 Table 6. Indices of nitrogen use by species

Obiekt <i>Treatment</i>	NHI				NUE			
	nawożenie azotem – <i>nitrogen fertilization</i> (kg N·ha ⁻¹)							
	0	30	60	Średnio <i>Mean</i>	0	30	60	Średnio <i>Mean</i>
<i>jęczmień – barley</i>								
Jęczmień – <i>Barley</i>	0,60	0,67	0,67	0,65	32,9	38,1	36,7	35,9
Jęczmień + Wiato <i>Barley+Wiato</i>	0,43	0,54	0,59	0,52	23,5	28,4	30,9	27,6
Jęczmień + Fidelia <i>Barley+Fidelia</i>	0,40	0,48	0,62	0,50	19,5	22,5	28,6	23,5
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,04			0,04	2,2			1,4
Średnio – <i>Mean</i>	0,48	0,56	0,63	–	25,3	29,7	32,1	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	0,02			–	1,1			–
<i>groch – pea</i>								
Wiato – <i>Wiato</i>	0,49	0,42	0,46	0,46	10,8	9,0	9,9	9,9
Fidelia – <i>Fidelia</i>	0,50	0,45	0,48	0,48	10,7	9,5	10,2	10,1
Jęczmień + Wiato <i>Barley+Wiato</i>	0,58	0,50	0,60	0,56	12,6	10,3	15,2	12,7
Jęczmień + Fidelia <i>Barley+Fidelia</i>	0,55	0,48	0,48	0,50	10,7	10,2	10,5	10,5
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.			0,03	1,2			0,6
Średnio – <i>Mean</i>	0,53	0,46	0,50	–	11,2	9,8	11,5	–
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.			–	0,8			–

r.n. – różnica nieistotna – *not significant difference*

wykorzystania pobranego azotu na produkcję plonu nasion charakteryzował się groch odmiany Wiato w siewie czystym w porównaniu do uprawy tej odmiany w mieszance. Niezależnie od nawożenia nie stwierdzono natomiast istotnej różnicy w wartościach NHI i NUE w przypadku grochu odmiany Fidelia pochodzącej z obu rodzajów zasiewów. Interakcja czynników doświadczenia wskazuje na duże zróżnicowanie NUE dla poszczególnych rodzajów uprawy grochu w zależności od zastosowanego nawożenia. Szczególnie duże różnice zaobserwowano w wartościach NUE pomiędzy uprawą grochu Wiato w siewie czystym i mieszance z jęczmieniem na obiekcie, na którym nie stosowano nawożenia i obiekcie z najwyższą dawką N.

Obie dawki N charakteryzowały się zbliżoną efektywnością w produkcji plonu ziarna i nasion (tab. 7). Wartości AE istotnie zależały od rodzaju uprawy gatunków i były największe w przypadku jęczmienia w siewie czystym. Nawożenie azotem miało bardzo mały wpływ na przyrost plonu nasion odmian grochu w zasiewach jednogatunkowych. Pośrednie miejsce zajmowały mieszanki, u których nie stwierdzono jednak istotnych różnic w przyrostach plonu ziarna i nasion na kilogram zastosowanego azotu w nawożeniu.

Tabela 7. Efektywność rolnicza nawożenia (AE)

Table 7. Agronomic efficiency (AE)

Obiekt <i>Treatment</i>	Nawożenie azotem kg N·ha ⁻¹ <i>Nitrogen fertilization kg N·ha⁻¹</i>		Średnio <i>Mean</i>
	30	60	
Jęczmień – <i>Barley</i>	25,0	27,8	26,4
Wiato – <i>Wiato</i>	5,8	5,5	5,8
Fidelia – <i>Fidelia</i>	4,6	3,9	4,3
Jęczmień + Wiato <i>Barley+Wiato</i>	14,9	15,8	15,4
Jęczmień + Fidelia <i>Barley+Fidelia</i>	17,5	12,3	14,9
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.		3,5
Średnio – <i>Mean</i>	13,6	13,1	
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	r.n.		

r.n. – różnica nieistotna – *not significant difference*

DYSKUSJA

W przeprowadzonym doświadczeniu nawożenie azotem istotnie wpłynęło na wzrost zawartości białka w ziarnie jęczmienia. Podobne wyniki uzyskali Gozdowski i in. [2004], a także autorzy, badający wpływ dawek N na poziom zawartości azotu w ziarnie innych zbóż [Matusiak i in. 2009, Sułek i Podolska 2008]. Sąsiedztwo rośliny motylkowej zapewniające wiązany symbiotycznie dodatkowy azot wprowadzony do uprawy mieszanej również przyczyniło się do zwiększenia zawartości azotu (białka) w biomacie lub ziarnie rośliny zbożowej. Taka zależność była obserwowana w przypadku mieszanek zbóż ze strączkowymi także przez innych autorów [Hauggaard-Nielsen i in. 2001, Neumann i in. 2007, Sobkowicz 2006, Sobkowicz i Podgórska-Lesiak 2009, Sobkowicz i Śniady 2004, Wanic i Michalska 2009]. W badaniach własnych, niezależnie od nawożenia azotem siew mieszany nieznacznie ujemnie wpłynął na zawartość azotu w roślinach grochu w okresie wegetacji oraz w nasionach. Wanic i Michalska [2009] także zwróciły uwagę na mniejsze zmiany w zawartości tego pierwiastka w roślinach grochu niż w roślinach jęczmienia w czasie wspólnej wegetacji. Obniżenie koncentracji azotu w nasionach grochu jako rezultat uprawy w mieszance z jęczmieniem obserwowano w innych badaniach [Sobkowicz i Podgórska-Lesiak 2009]. Nie jest to jednak regułą w mieszankach zbóż ze strączkowymi. Ceglarek i in. [2007b] stwierdzili zmniejszenie zawartości białka w nasionach wyki siewnej pod wpływem uprawy współrzędnej z owsem lub pszenżytem natomiast Sobkowicz [2006] oraz Sobkowicz i Śniady [2004] wzrost zawartości tego składnika w nasionach bobiku w wyniku uprawy z pszenżytem.

Komplementarność w wykorzystywaniu azotu przez komponenty mieszanki przyczyniła się do istotnie większego, niż w przypadku pozostałych zasiewów, pobierania tego składnika z plonem suchej masy roślin przez większą część okresu wegetacji. Rośliny jęczmienia stano-

wiły dobrą podporę dla grochu, przeciwdziałając wyleganiu tego gatunku i destrukcji plonu obserwowanym w zasiewach jednogatunkowych (dane nie prezentowane). W rezultacie pobranie azotu z plonem nasion mieszanek było istotnie większe niż zasiewów czystych jęczmienia i grochu. Zbliżony wynik uzyskali Ceglarek i in. [2000] dla mieszanki z jęczmienia z grochem o podobnym udziale komponentów. Prawie dwukrotnie większe pobranie azotu z plonem nasion mieszanek niż z plonem ziarna jęczmienia związane było także w silnym stopniu z dużym inicjalnym udziałem rośliny strączkowej w wysiewanej mieszance. Na silną zależność plonu białka mieszanek od udziału komponentów zwracają uwagę Kotwica i Rudnicki [2004]. Większe pobieranie azotu z plonem mieszanki pszenicy z grochem niż z plonem rośliny zbożowej obserwowali także Bedoussac i Justes [2010]. Autorzy ci wykazali, że różnica ta malała wraz ze zwiększeniem nawożenia azotem, co zgadza się z wynikami badań własnych. Brak przyrostu w pobraniu N przez mieszanki obserwowany po przekroczeniu dawki N wynoszącej $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ mógł wynikać ze stwierdzonego przez Książaka [2006] coraz gorszego wiązania N symbiotycznego przez groch w warunkach rosnącego nawożenia tym makroelementem. Lithourgidis i in. [2011] zwracają uwagę, że mimo niższej zawartości białka w suchej masie roślin pszenicyta z siewu czystego było ono wydajniejsze, jeśli chodzi o pobranie tego składnika niż mieszanka pszenicyta z grochem, o czym zadecydował wysoki plon biomasy zboża w zasiewie jednogatunkowym. Inni autorzy uzyskali większe pobranie białka z plonem nasion roślin strączkowych z zasiewów czystych niż ich mieszanek ze zbożami [Buraczyńska i Ceglarek 2009, Ceglarek i in. 2007a, Szpunar-Krok i in. 2009].

Jęczmień nie był w stanie wykorzystać większej puli dostępnego azotu, jaką miał w mieszance w porównaniu z siewem czystym na produkcję ziarna, o czym świadczą niższe wartości indeksu żniwnego azotu (NHI) i efektywności wykorzystania azotu (NUE). Zmniejszenie tego drugiego wskaźnika było notowane także przez Sobkowicza i Śniadego [2004] w przypadku pszenicyta jarego pod wpływem uprawy mieszanej z bobikiem. Efektywność wykorzystania pobranego azotu przez odmianę grochu Wiato zwiększała się w mieszance z jęczmieniem a odmiany Fidelia nie zmieniała. Porównując tylko zasiewy mieszane odmiana Wiato także lepiej wykorzystywała pobrany azot niż odmiana Fidelia. Być może wynikało to z różnicy w cechach użytkowych obu odmian, z których pierwsza jest odmianą nasienną a druga nasienno-zielonkową. Z drugiej strony przeczy temu brak istotnych różnic w wartościach wskaźników NHI i NUE obliczonych dla obu odmian uprawianych w zasiewach jednogatunkowych. Sobkowicz i Śniady [2004] obserwowali natomiast zmniejszenie wartości obu wskaźników u bobiku pod wpływem uprawy mieszanej z pszenicytem.

WNIOSKI

1. Uprawa jęczmienia jarego w mieszance z grochem wpływała dodatnio na zawartość azotu w roślinach tego zboża w badanych okresach wegetacji, a także zwiększała koncentrację tego składnika w ziarnie.
2. W 6. i 9. tygodniu po wschodach roślin stwierdzono większe pobranie azotu z plonem biomasy mieszanek niż z plonem zasiewów czystych. W okresie dojrzałości pełnej mieszanka jęczmienia z grochem odmiany nasienne-zielonkowej Fidelia odznaczała się największym pobraniem N z plonem biomasy.
3. Mieszanki pobierały więcej azotu z plonem ziarna i nasion niż zasiewy czyste. Maksymalne pobranie tego składnika przez mieszanki notowano przy nawożeniu azotem w dawkach 30 i 60 $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Mieszanka jęczmienia z grochem odmiany nasiennej Wiato charakteryzowała się większym pobraniem azotu z plonem ziarna i nasion niż pozostałe zasiewy.

4. Wykorzystanie azotu przez groch odmiany Wiato oceniane za pomocą wskaźników NHI i NUE wskazuje, że było ono większe w mieszance niż w siewie czystym. Ponadto odmiana ta lepiej niż Fidelia wykorzystywała azot w mieszance. Jęczmień charakteryzował się większymi wartościami tych wskaźników, gdy był uprawiany w siewie czystym.

PIŚMIENNICTWO

- Bartkowiak A. 1978. Analiza wariancji dla układów ortogonalnych. Program *awa*. W: Opis merytoryczny programów statystycznych opracowanych w Instytucie Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego. Bartkowiak A. (red.). Wyd. Uniw. Wrocławskiego: 43–60.
- Bedoussac L., Justes E. 2010. The efficiency of a durum wheat-winter pea intercrop to improve yield and wheat grain protein concentration depends on N availability during early growth. *Plant Soil* 330: 19–35.
- Borowiecki J., Księżak J. 2000. Rośliny strączkowe w mieszankach ze zbożami w produkcji pasz. *Post. Nauk Rol.* 2: 89–100.
- Borowiecki J., Księżak J., Małysiak B. 1998. Przydatność wybranych odmian grochu do mieszanek z jęczmieniem i owsem przeznaczonych na kiszonkę. *Pam. Puł.* 113: 5–13.
- Buraczyńska D. 2009. Zachwaszczenie mieszanek strączkowo-zbożowych przy zróżnicowanym składzie ilościowo-jakościowym. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 49(2): 779–783.
- Buraczyńska D., Ceglarek F. 2008. Plonowanie pszenicy ozimej uprawianej po różnych przedplonach. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(1): 27–37.
- Buraczyńska D., Ceglarek F. 2009. Plon i skład chemiczny nasion mieszanek strączkowo-zbożowych. *Fragm. Agron.* 26(3): 15–24.
- Ceglarek F., Buraczyńska D., Brodowski H. 2000. Plonowanie i skład chemiczny wybranych mieszanek strączkowo-zbożowych. *Rocz. AR Poznań* 325, *Rol.* 58: 7–21.
- Ceglarek F., Buraczyńska D., Płaza A., Rudziński R. 2004. Wpływ udziału komponentów mieszanek bobiku z pszenicą jarą na plon i zawartość związków chemicznych w biomacie mieszanki. *Ann. UMCS, Sec. E Agric.* 59(3): 1139–1146.
- Ceglarek F., Płaza A., Buraczyńska D. 2007a. Zmienność plonowania mieszanek grochu siewnego z pszenżytem jarym. *Fragm. Agron.* 24(2): 66–73.
- Ceglarek F., Rudziński R., Płaza A., Buraczyńska D. 2007b. Wartość pokarmowa wyki siewnej uprawianej w siewie czystym i współrzędnym w warunkach siedliskowych środkowowschodniej Polski. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 516: 19–26.
- Delogu G., Cattivelli L., Pecchioni N., De Falcis D., Maggiore T., Stanca A.M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *Eur. J. Agron.* 9: 11–20.
- Fotyma E. 1999. Pobranie i wykorzystanie azotu przez pszenicę ozimą i jarą. *Pam. Puł.* 118: 143–152.
- Gozdowski D., Wyszynski Z., Kalinowska-Zdun M. 2004. Plonowanie i jakość ziarna jęczmienia nieoplewionego w zależności od terminu siewu i poziomu nawożenia azotem. *Annales UMCS, Sec. E*, 59(2): 931–940.
- Hauggaard-Nielsen H., Jensen E.S. 2001. Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. *Field Crop Res.* 72: 185–196.
- Kotwica K., Rudnicki F. 2004. Efekt uprawy jarych mieszanek zbożowych i zbożowo-strączkowych na glebie kompleksu żyniego dobrego. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 3(1): 149–156.
- Księżak J. 2006. Ocena plonowania mieszanki grochu z pszenicą jarą w zależności od poziomu nawożenia. *Fragm. Agron.* 23(3): 80–93.
- Kurowski T.P., Wanic M., Nowicki J., Kostrzewska M., Sargalski D. 2005. Fitosanitarna ocena mieszanki zbożowo-strączkowej jako przedplonu dla jęczmienia jarego. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 4(1): 61–68.
- Lithourgidis A.S., Vlachostergios D.N., Dordas C.A., Damalas C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. *Eur. J. Agron.* 34: 287–294.
- Matysiak K., Kierzek R., Krawczyk R. 2009. Wpływ regulatora wzrostu i rozwoju roślin trineksapak etylu oraz jego mieszaniny z chlorkiem chloromekwatu na cechy struktury plonu roślin pszenżyta ozimego

- w zależności od poziomu nawożenia azotowego. Folia Pomer. Univ. Technol. Stetin. Agric., Aliment., Pisc., Zootech. 274 (12): 39–50.
- Neumann A., Schmidtke K., Rauber R. 2007. Effects of crop density and tillage system on grain yield and N uptake from soil and atmosphere of sole and intercropped pea and oat. Field Crop Res. 100: 285–293.
- Noworolnik K. 2000. Mieszanki zbożowo-strączkowe w systemie rolnictwa zrównoważonego. Pam. Puł. 120: 325–329.
- Noworolnik K. 2010. Plonowanie i jakość ziarna owsa w zależności od wilgotności podłoża i dawki azotu. Żywność, Nauka, Technologia, Jakość 70(3): 190–196.
- Prusiński J. 2006. Plonowanie fasoli zwykłej (*Phaseolus vulgaris* L.) w zależności od intensywności technologii uprawy. Cz. I. Wysokość i jakość plonu nasion oraz ich agrotechniczne uwarunkowania. Acta Sci. Pol., Agricultura 5(2): 65–76.
- Rudnicki F., Wasilewski P. 2000. Znaczenie mieszanek zbożowych i zbożowo-strączkowych w ograniczaniu ujemnych skutków dużego udziału zbóż w zmianowaniu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 470: 127–135.
- Sobkowicz P. 2006. Competition between triticale (*Triticosecale* Witt.) and field beans (*Vicia faba* var. *minor* L.) in additive intercrops. Plant Soil Environ. 52: 47–54.
- Sobkowicz P., Parylak D. 2002. Przydatność pszenżyta do uprawy w mieszance z odmianą bobiku o szczytowym kwiatostanie, przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. Folia Univ. Agric. Stetin. 228, Agricultura 91: 131–136.
- Sobkowicz P., Podgórska-Lesiak M. 2009. Ocena oddziaływania jęczmienia uprawianego w mieszance z pszenżytem lub grochem w zależności od dawki nawożenia azotem. Fragm. Agron. 26(1): 115–126.
- Sobkowicz P., Śniady R. 2004. Nitrogen uptake and its efficiency in triticale (*Triticosecale* Witt.) – field beans (*Vicia faba* var. *minor* L.) intercrop. Plant Soil Environ. 50: 500–506.
- Sulek A., Podolska G. 2008. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy jarej odmiany Nawra w zależności od dawki i terminu stosowania azotu. Acta Sci. Pol., Agricultura 7(1): 103–110.
- Sulek A., Podolska G., Leszczyńska D., Noworolnik K. 2007. Reakcja zbóż na nawożenie azotem. Studia i Raporty IUNG-PIB 9: 29–36.
- Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R. 2009. Plonowanie owsa nagoziarnistego i bobiku uprawianych w siewie czystym i mieszankach. Fragm. Agron. 26(2): 145–151.
- Wanic M., Michalska M. 2009. Wpływ oddziaływań konkurencyjnych pomiędzy jęczmieniem jarym i grochem siewnym na zawartość makroelementów w różnych częściach roślin. Fragm. Agron. 26(3): 162–174.

M. PODGÓRSKA-LESIAK, P. SOBKOWICZ, A. LEJMAN

DYNAMICS OF NITROGEN UPTAKE AND UTILIZATION EFFICIENCY IN MIXTURES OF SPRING BARLEY WITH FIELD PEA

Summary

In 2005–2007 at Agricultural Experimental Station of Wrocław University of Environmental and Life Sciences two-factorial field experiment of split-plot design was conducted on alluvial loamy sand soil. In the experiment spring barley and two cultivars of field pea were grown in pure stands and in mixtures at three levels of nitrogen fertilization: 0, 30 and 60 kg N·ha⁻¹. Wiato was leafy, medium-tall cultivar of pea of dry seed type and Fidelia was leafy, tall cultivar of green fodder-dry seed type. Six and nine weeks after plant emergence and at full maturity samples of plant material were collected from 0.5 m² area of each plot. Nitrogen content in biomass and grain, N uptake, nitrogen harvest index (NHI), nitrogen utilization efficiency (NUE) and agronomic efficiency (AE) were determined. Growing barley in mixture with pea increased nitrogen content in plant biomass and in grain of the cereal. Six and nine weeks after plant emer-

gence the uptake of N with biomass was greater for both mixtures than for pure stands. In full maturity, uptake of N with biomass of barley-Fidelia mixture was greater than with biomass of other crops. The highest N uptake with grain was noted for barley-Wiato mixture. Wiato cultivar of pea utilized nitrogen more efficiently when grown in mixture with barley than in pure stand. It also utilized nitrogen better than Fidelia when the cultivars were grown in mixtures with barley. The highest values of NHI and NUE for barley were noted when the cereal was grown in pure stand. Agronomic efficiency (AE) was unaffected by N rate and was greatest for barley grown as sole crop.